

ANÁLISIS Y CARTOGRAFÍA DE RIESGOS GEOLÓGICOS EN EL LITORAL DE LA CIUDAD AUTÓNOMA DE CEUTA

M. Abad ^{1,3}, N. López-González ², J. Rodríguez-Vidal ³, S. Chamorro ⁴, L.M. Cáceres ³, F. Ruiz ³

¹ INYPSA Informes y Proyectos SA, C/ General Díaz Porlier, 49, 28001-Madrid

² Instituto Español de Oceanografía, C.O. Málaga, C/ Puerto Pesquero s/n, 29640-Fuengirola, Málaga

³ Dep. Geodinámica y Paleontología, Fac. Ciencias Experimentales, Univ. de Huelva, Campus de El Carmen, 21071-Huelva

⁴ Instituto de Estudios Ceutíes, Paseo del Revellín nº 30, 51080-Ceuta

1.- Introducción

Los mapas de riesgo han demostrado ser una herramienta útil para pronosticar y disminuir el tiempo de respuesta respecto a los procesos naturales catastróficos. Los eventos de naturaleza geológica, que significan riesgos potenciales para la sociedad, se caracterizan por su difícil predicción y por sus graves consecuencias, pero el factor más peligroso es el grado de desconocimiento sobre este tipo de riesgos. En este trabajo se exponen algunos aspectos relativos a los eventos geológicos más comunes y los riesgos que ellos significan en el territorio que abarca esta Ciudad Autónoma. Ceuta es una pequeña península rodeada casi por completo por las aguas del Estrecho de Gibraltar. Está situada en el extremo NO del continente africano, frente a la costa de Cádiz. El istmo presenta una suave pendiente en dirección N-S donde se asienta el núcleo urbano. La ciudad cuenta con más de 75.000 habitantes, presenta una superficie de 18,5 km² y una altitud máxima de 345 m. El conjunto de relieves accidentados y las pendientes acusadas en una superficie tan reducida, junto con las características climáticas, dan como resultado una red hidrográfica formada por numerosos barrancos de escasa longitud y marcado carácter torrencial y estacional. La costa norte ceutí es de carácter escarpado, con numerosos entrantes y salientes de escasas dimensiones, con el predominio de acantilados o fuertes inclinaciones hacia el mar. Su costa mediterránea está representada por playas de textura grosera, estrechas y de corto recorrido, que continúan hacia el territorio marroquí ampliando su longitud y anchura. En cuanto al régimen hidrodinámico de la costa, el análisis medio muestra como más del 60% del oleaje es inferior a 0,5 m (Benavente et al., 2007) con una baja energía asociada, siendo la altura máxima registrada de 5,5 m M'diq en épocas de tempestades (Marruecos). La onda de marea, procedente del Atlántico, entra en el Mediterráneo propagándose progresivamente hacia el este. El rango mareal varía desde unos centímetros, durante las mareas muertas, hasta 0,8-1,0 m durante las mareas vivas (Jaaidi et al., 1992), lo que define a este tramo costero como micromareal, con una periodicidad semidiurna. En general, se trataría una costa dominada por el oleaje.

Ceuta está asentada sobre la complicada geología del arco Bético-Rifeño, zona de convergencia de las placas tectónicas euroasiática y africana, donde se han descrito diferentes unidades estructurales, entre las que dominan las de origen metamórfico (Fig. 1) (Chamorro y Nieto, 1989). Las Unidades geológicas mejor representadas en el litoral de Ceuta son las siguientes: i) La *Unidad del Hacho*, que ocupa todo el Monte Hacho, está formada principalmente por gneiss, con bancos esporádicos de calizas y diques de feldespatos. Constituye una formación homogénea y masiva, ya que la foliación se encuentra mal desarrollada. Los gneiss se encuentran intensamente fracturados. ii) La *Unidad del Istmo* está formada por gneiss y micaesquistos. En su mayor parte, están constituidos por gneiss bandeados, muy heterogéneos, e intensamente deformados, con un desarrollo muy pobre de la foliación. Las rocas presentan un sistema de diaclasas reciente que produce su individualización en paralelepípedos. iii) La *Unidad de las Puertas del Campo* está formada por pizarras de color gris oscuro y negras, ligeramente carbonosas. La serie contiene bancos de cuarcitas negras de poca potencia. Generalmente, presenta una estructuración tectónica muy compleja. iv) La *Unidad del Sinclinal de Hadu-Findeq*, con casi 10 km² de extensión, esta unidad es la que aflora con una mayor superficie en Ceuta. Esta formada por un conjunto heterogéneo de materiales sedimentarios. Destacan las calizas alabeadas, del Devónico superior, que se presentan en bancos delgados, alternantes con niveles de esquistos y pizarras con foliación bien desarrollada. Frecuentemente se encuentran afectados por un diaclasado intenso y presentan una permeabilidad elevada. v) La *Unidad de Beni-Mesala*, formada por filitas sedosas, barras de cuarcitas de varios metros de potencia, una serie alternante de esquistos y cuarcitas, y potentes bancos de dolomías y calizas. Las filitas aparecen alabeadas y plegadas de forma isoclinal y muestran una foliación bien desarrollada.

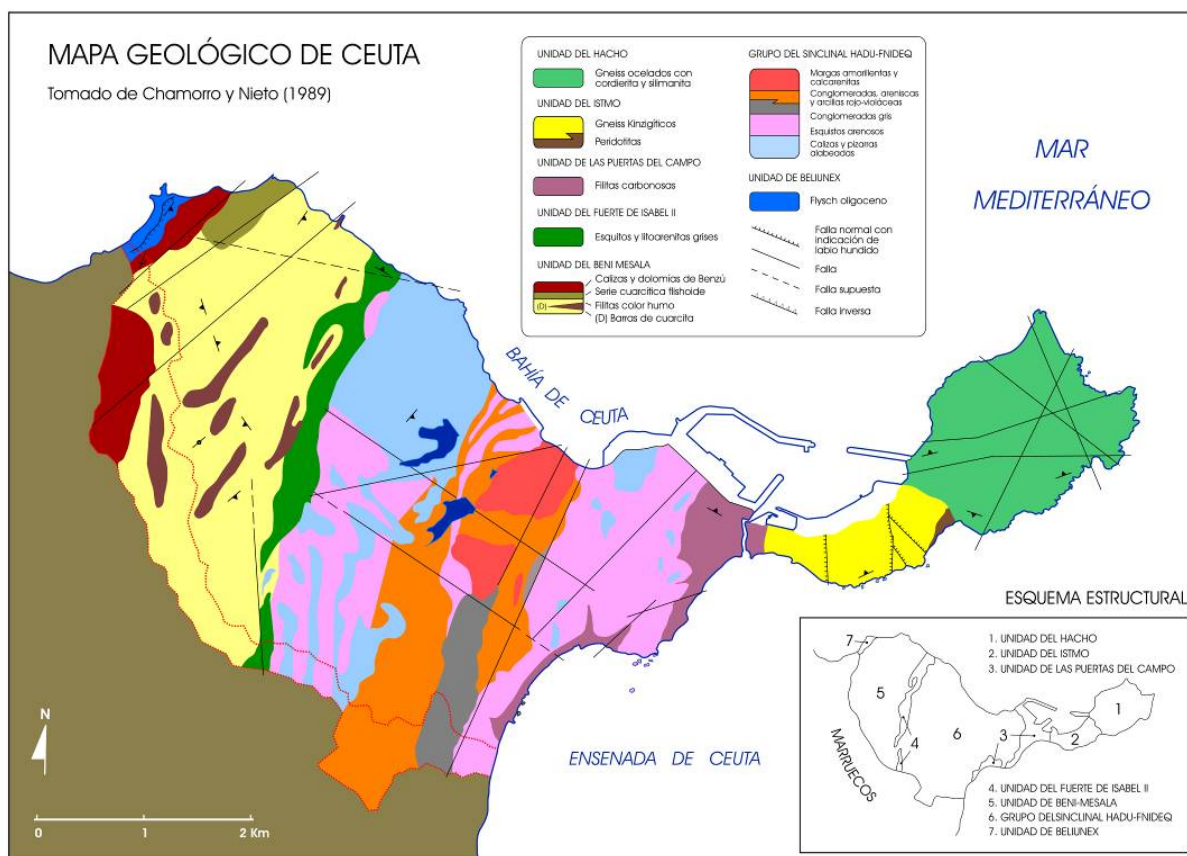


Fig. 1. Mapa Geológico simplificado de la Ciudad Autónoma de Ceuta.

2.- Peligrosidad y riesgos geológicos en el litoral de Ceuta

Se ha elaborado un mapa cualitativo de peligro conjunto y riesgos geológicos de: i) avenidas e inundaciones fluviales; ii) deslizamientos y caída de rocas y; iii) temporales, tsunamis y ascenso del nivel del mar, combinando varios mapas de parámetros (Fig. 2). Previamente, se ha elaborado un mapa de vulnerabilidad, que combinado con el anterior, han permitido generar un mapa de riesgos (ver explicación metodológica más detallada consultar Abad et al., 2008).

- *Inundaciones y avenidas fluviales.* Se han diferenciado varias zonas de peligrosidad en función del mapa de clasificación de cuencas por superficie y densidad de drenaje, de la orografía de las cuencas fluviales, así como de la permeabilidad y competencia de las litologías por las que pasan los arroyos y barrancos. Las zonas de peligrosidad alta se han localizado próximas a las desembocaduras de los cauces en las que confluyen factores como una alta densidad de drenaje y superficie de las cuencas, una baja permeabilidad del sustrato y/o pendientes medias de moderadas a altas. Constituyen zonas de alta peligrosidad también los arroyos y barrancos que, aún teniendo pendientes moderadas-bajas y densidad de drenaje baja, desaguan hacia áreas deprimidas y endorreicas, sin desembocadura natural al mar. Estas zonas suelen coincidir con núcleos urbanizados, donde el agua de escorrentía superficial tiene dificultad para infiltrarse en el subsuelo y el cauce se encuentra taponado por viviendas o cualquier otro tipo de construcción antrópica. Las tres zonas de riesgo alto cartografiadas, se localizan en las zonas de desembocadura de los arroyos de las Bombas, Sardinero y Benítez.

- *Deslizamientos y caída de rocas.* El mapa de peligrosidad de este tipo de procesos se ha construido a partir del mapa topográfico, el mapa de pendientes y el mapa geológico de Ceuta, a escala 1:25.000, donde se incluyen la naturaleza litológica de cada unidad y medidas estructurales de buzamientos, foliación y fallas. Las zonas de peligrosidad alta son aquellas de pendientes muy escarpadas (>50%), formadas por sustratos rocosos con un importante desarrollo de uno o varios sistemas de planos de discontinuidad. Los planos de rotura buzan en la misma dirección que la pendiente y poseen una inclinación inferior a la misma, aunque suficientemente alta como para superar el ángulo de rozamiento. Otros factores considerados son la alternancia de litologías de diferente competencia que favorezcan el deslizamiento entre bloques. En el litoral de Ceuta los dos procesos de laderas dominantes son los deslizamientos y la caída de rocas. Tan sólo se han determinado dos zonas con un grado de peligrosidad medio que pueden conllevar riesgos. La primera

la conforman las áreas de afloramiento de calizas alabeadas y esquistos que afloran en la carretera N-354, en su tramo entre la planta desalinizadora y la playa de Calamocarro. Esta zona presenta una pendiente media fuerte (20-30%), lo que unido al diseño vertical de los taludes, la elevada frecuencia de barrancos que la atraviesan, o incluso la acción del oleaje durante tempestades, desencadena este tipo de procesos de inestabilidad. La segunda zona se localiza en el extremo más occidental de Ceuta, donde el relieve presenta pendientes fuertes a muy fuertes (20-50%), localmente escarpadas (>50%), donde afloran mayoritariamente los materiales de la Unidad de Beni-Mesala.

- *Tempestades, tsunamis y ascenso del nivel del mar.* Para la elaboración de este mapa se han utilizado los mapas topográficos de Ceuta a escala 1:25000 y 1:5000, en los que se especifican las isolíneas de batimetría más cercanas a la costa (5, 10 y 20 m). Además, se han considerado factores tales como la altura máxima del oleaje y la fuerza del viento durante los últimos temporales de invierno, el rango mareal medio y la orografía de la costa, junto con diferentes variables de tipo geomorfológico y antrópico que la caracterizan, como son el grado de exposición del tramo costero considerado y la batimetría de la zona infralitoral. Las zonas de peligrosidad alta se han limitado a la franja de terreno entre la línea de costa y la cota de 6,5 metros sobre el nivel del mar, que define la cota más alta de la orla donde se concentran los daños ocasionados por las tormentas durante el invierno. Esta banda también constituye la zona de mayor peligrosidad ante una posible subida del nivel marino en las siguientes décadas y se trataría, aproximadamente, del área más afectada ante la llegada de un maremoto. Las áreas más expuestas al riesgo son los terrenos de uso comercial y recreativo ganados al mar, en la costa norte del istmo (club náutico, pueblo marinero o parque marítimo del Mediterráneo), y los terrenos portuarios y muelles de la ciudad. También constituyen áreas de riesgo elevado las zonas deprimidas, cercanas al litoral, que coinciden con las desembocaduras del Arroyo de Calamocarro, Arroyo y playa Benítez, y el Arroyo de las Bombas, así como la Cala del Desnarigado. Todas estas áreas poseen la característica común de ser terrenos planos, o de pendientes bajas, donde el oleaje y pequeños ascensos del nivel marino pueden avanzar con facilidad hacia el interior del continente. Una zona de características diferentes, que posee también una peligrosidad alta, es la carretera N-354 en el transepto comprendido entre la planta desalinizadora y el barrio de Benzú. Esta carretera, que circula paralela a la costa acantilada a alturas siempre inferiores a 7 metros, se encuentra expuesta a la acción del oleaje en momentos de tempestades o de grandes olas.

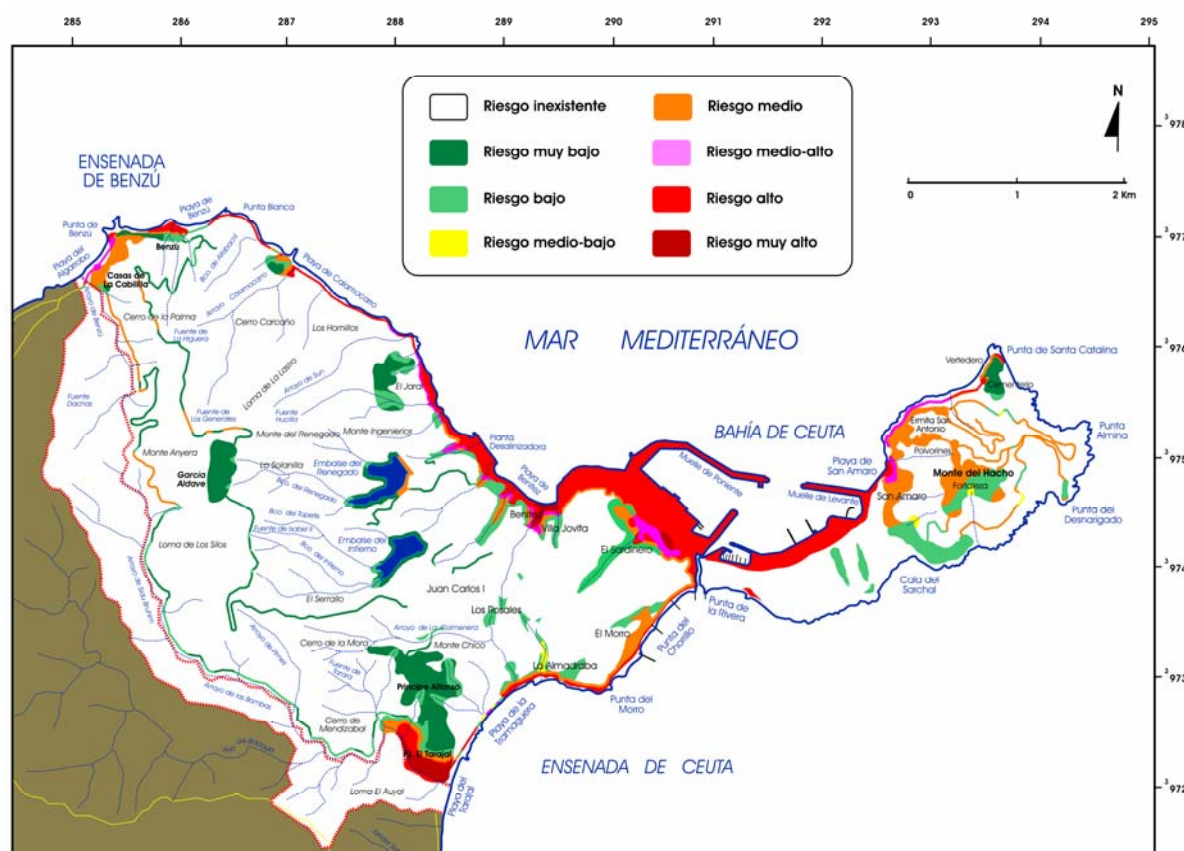


Fig. 2. Mapa de Riesgos Geológicos de la ciudad de Ceuta.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto ha sido financiado por la convocatoria de Ayudas a la Investigación 2006-2007 del Instituto de Estudios Ceutíes.

REFERENCIAS

Abad, M., López-González, N., Rodríguez Vidal, J., Ruiz, F., Cáceres, L.M., 2008. Cartografía y análisis de riesgos geológicos en la Ciudad Autónoma de Ceuta. Memoria de proyecto de investigación del Instituto de Estudios Ceutíes, 51 pp.

Benavente, J., Bello, E., Anfuso, G., Nachite, D., Macias, A., 2007. Sobreelevación debida a temporales y cambios producidos en las playas del litoral NE Marroquí. Rev. C. & G., 21, 1-1, 13-25.

Chamorro, S., Nieto, M., 1989. Síntesis geológica de Ceuta. Ayuntamiento de Ceuta, 223 pp.

Jaaidi, E.B., Ahmamou, M., Zougary, R., Chatre, B., El Moutchou, B., Malek, F., Naïm, K., 1992. Le littoral méditerranéen entre Tétouan et Ceuta et atlantique entre Tanger et Asilah. Pub, Comité, National Géographique Marocco, 21-33.